

УДК 004.75

М.З. Згуровський, А.І. Петренко

**GRID-ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ Е-НАУКИ І ОСВІТИ****Вступ**

Е-наука (e-Science) — порівняно новий термін, який характеризує сучасний підхід до науки, що включає в себе підтримку розподіленої глобальної співпраці вчених за допомогою Інтернету і віртуалізації величезних сховищ даних, комп'ютерних ресурсів і наукового обладнання. Grid-технології і всесвітня Grid-мережа йдуть на зміну вже звичному Інтернету з його web-послугами як засіб сумісного використання обчислювальних потужностей та сховищ даних. Grid дає можливість вийти за рамки простого обміну даними між комп'ютерами і зрештою перетворити їх глобальну мережу на свого роду гігантський віртуальний комп'ютер, доступний у режимі віддаленого доступу з будь-якої точки, незалежно від місця розміщення користувача.

Проект створення національної Grid-інфраструктури для розвитку інформаційного суспільства в Україні, її склад і задачі вперше було озвучено на самміті WSIS (World Summit on Information Society) у 2004 р. [1, 2]. Мова йшла про необхідність створення освітнього і дослідницького сегменту інформаційного суспільства України з двома головними напрямками: широким використанням інформаційних і комунікаційних технологій на всіх стадіях наукових досліджень і освіти та інформаційним управлінням відповідними галузями.

Основні задачі *першого напрямку*:

- створення Grid-інфраструктури для підтримки освіти і наукових досліджень;
- інфраструктурна розробка української дослідницької і академічної мережі УРАН (URAN — Ukrainian Research and Academic Network) та інтеграція її до європейської мережі GEANT-2;
- надбання досвіду роботи з Grid-інфраструктурою і експлуатації розподілених інформаційних систем, розробка алгоритмів і методів розв'язання прикладних задач у середовищі розподіленого комп'ютингу.

*Другий напрямок* передбачав:

- впровадження ефективного інформаційного управління освітою і наукою;

- розробку засобів для зберігання, обробки і відкритого доступу до наукових та освітніх інформаційних ресурсів (баз даних, архівів, електронних бібліотек тощо);

- підключення української Grid-інфраструктури до європейської EGEE (Enabling Grids for E-sciencE) і мережі світових центрів даних.

Запропоновані цілі і задачі знайшли своє відображення вже у 2005 р. в Державній програмі “Інформаційні та комунікаційні технології в освіті й науці на 2006–2010 роки”, прийнятій Кабінетом Міністрів України (Постанова КМ України № 1153 від 7 грудня 2005 р.). Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут” виграв тендер проектів з реалізації завдання “Створення національної Grid-інфраструктури для підтримки наукових досліджень” цієї Державної програми, оголошений Міністерством освіти і науки України (далі — МОНУ) (договір № IT/506–2007 від 22 серпня 2007 р.) — проект Ugrid ([www.grid.ntu-kpi.kiev.ua](http://www.grid.ntu-kpi.kiev.ua)). Цей проект присвячено побудові сегменту МОНУ національної Grid-інфраструктури з відповідними послугами для надання можливості вітчизняним науковцям плідно співпрацювати з іноземними вченими в європейському науковому просторі ERA (European Research Area) і сприяти створенню економіки інформаційного суспільства, заснованої на знаннях, через впровадження наукових концепцій Grid і найбільш вагомим наукових додатків, які використовуються в Grid-середовищі [3, 4].

**Постановка задачі**

Мета статті — відобразити результати виконання проекту Ugrid тимчасовим науковим колективом, до складу якого ввійшли представники таких вітчизняних організацій:

- Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут” (НТУУ “КПІ”);
- Інституту проблем моделювання в енергетиці імені Г.Є. Пухова НАН України (ІПМЕ);
- Харківського національного університету радіоелектроніки (ХНУРЕ);
- Львівського національного технічного університету “Львівська політехніка” (ЛНТУ “ЛП”);
- Запорізького національного технічного університету (ЗНТУ);
- Донецького національного політехнічного інституту (ДонНПІ);

- Дніпропетровського національного гірничого університету (ДНГУ);
- підприємства ЮСТАР;
- державного підприємства “Львівський науково-дослідний радіотехнічний інститут” (ЛНДРІ).

За два роки виконання проекту Ugrid на основі вивчення сучасного стану і тенденцій розвитку існуючих рішень, впроваджених в європейських та світових проектах Grid-середовищ, побудовано освітнянський сегмент національної Grid-інфраструктури, до якого входять базовий ресурсно-операційний центр (БРОЦ) на базі НТУУ “КПІ”, де функціонують Центр суперкомп’ютерних обчислень з потужним кластером ([www.hrcc.org.ua](http://www.hrcc.org.ua)) і світовий центр даних “Геоінформатика і сталий розвиток” ([www.wdc.org.ua](http://www.wdc.org.ua)), а також п’ять регіональних ресурсно-операційних центрів (ПРОЦ) в Харкові, Донецьку, Дніпропетровську, Запоріжжі і Львові.

### Основні результати виконання проекту Ugrid

Виконання проекту Ugrid здійснювалося за календарним планом робіт, який складався з чотирьох етапів. Нижче розглянемо основні досягнення протягом кожного етапу.

#### Перший етап роботи (V.2007–IX.2007):

- проведено аналіз концепції, архітектури і ресурсів сучасних Grid-систем, систематизовано відомості про методи побудови архітектури розподілених систем з використанням технології Grid;
- побудовано Grid-інфраструктуру сегменту МОНУ з шести ресурсно-операційними

центрами (в Києві, Харкові, Донецьку, Дніпропетровську, Запоріжжі і Львові) і розпочато обслуговування на відстані майбутніх користувачів-науковців з університетів та наукових установ України. Звичайно, ця початкова Grid-інфраструктура може добудовуватися, а кількість її центрів і розробників з організацій МОНУ і академічних інститутів НАН України буде зростати. Цьому сприяє фрактальність Grid-інфраструктури, тобто така її властивість, коли система є подібною сама собі на кожній, різній за масштабом, ділянці;

- у червні 2007 р. підписано угоду з європейською організацією DANTE про підключення національної науково-освітньої мережі УРАН ([www.urap.net.ua](http://www.urap.net.ua)) до Європейської мережі GEANT-2. Мережу УРАН створено зусиллями МОНУ і НАН України для забезпечення установ, організацій і фізичних осіб у сферах освіти, науки і культури України інформаційними послугами на базі Інтернет-технологій для реалізації професійних потреб і розвитку цих галузей. Головний центр управління мережею знаходиться в Києві, а регіональні центри – в найбільших науково-освітніх центрах України – Харкові, Дніпропетровську, Донецьку, Одесі, Львові, Сімферополі та Хмельницькому (рис. 1).

#### Другий етап роботи (X.2007–XII.2007):

- проведено порівняльний аналіз складових компонентів відомих пакетів *проміжного Grid-програмного забезпечення*, на основі якого зроблено пропозицію використати його при створенні Grid-середовища ПГЗ gLite, яке має широкий набір послуг, підтримує сервісно-орієнтовану архітектуру, широко застосовується в європейських

проектах, має достатні можливості з модернізації та створення додаткової функціональності; розглянуто основні шляхи подолання проблеми інтероперабельності різних існуючих ПГЗ;

- вступив у дію тримовний інформаційний сайт проекту ([www.grid.ntu-kpi.kiev.ua](http://www.grid.ntu-kpi.kiev.ua)) (рис. 2), інформаційні ресурси якого вже перевищили 80 Мб. Подібні сайти створені

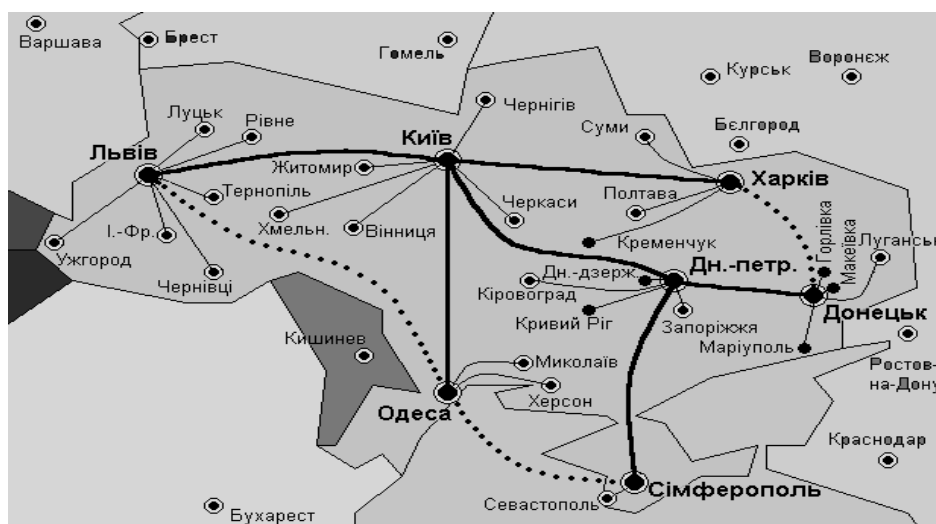


Рис. 1. Мережа УРАН

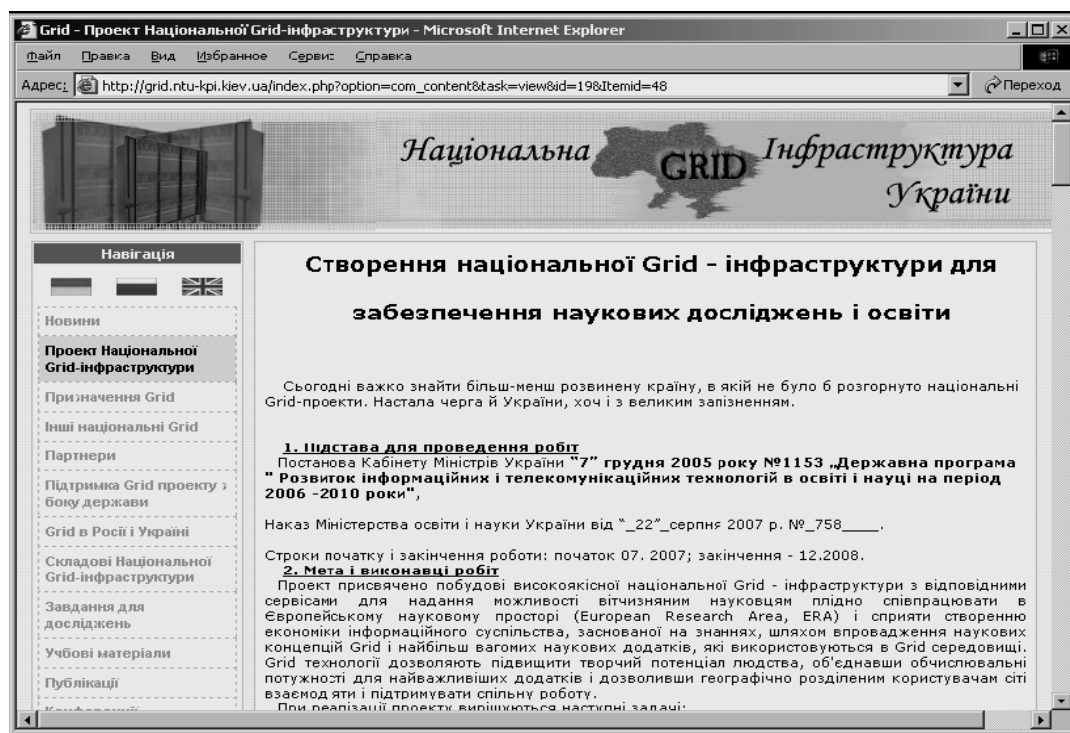


Рис.2. Інформаційний сайт проекту

і в регіональних ресурсних центрах, наприклад у Харкові ([www.grid.kture.kharkov.ua](http://www.grid.kture.kharkov.ua));

- досягнуто домовленість з європейською організацією EUGridPMA про створення в Україні Сертифікаційного центру, що відповідає за реєстрацію Grid-ресурсів, реєстрацію віртуальних організацій і користувачів;

- досягнуто домовленість з НАН України і розпочато об'єднання існуючих сегментів наукової й освітньої обчислювальної і комунікаційної інфраструктури НАН України і МОНУ в єдину *Українську національну Grid-ініціативу* (UNGI), яка інтегрована в європейську Grid-інфраструктуру EGEE (Enabling Grids for E-scienceE) і EGI (European Grid Initiatives) [5].

#### **Третій етап роботи (VI.2008–IX.2008):**

- проведено підключення кластерів ІТФ НАН України і НТУУ "КПІ" на основі ПГЗ NorduGrid для вивчення технологій віртуалізації обчислювальних ресурсів країни з одночасним підключенням до кластера НТУУ "КПІ" п'яти ресурсно-операційних центрів; погоджено *спільну учбову програму* підготовки Grid-технологій з університетами Кореї через організацію KOICA в Українсько-кореєському центрі інформаційних технологій, реалізація якої вже розпочата;

- у січні 2008 р. розпочав діяльність *Сертифікаційний центр відкритих ключів* для

надання українським користувачам доступу до європейських ресурсів і сховищ даних ([www.ca.ugrid.org](http://www.ca.ugrid.org)); цей центр обслуговує зараз користувачів обох сегментів Grid-інфраструктури України (академічного і освітянського);

- розроблено *портал доступу SDGrid* ([www.sdgrid.org.ua](http://www.sdgrid.org.ua)) до Grid-інфраструктури як єдиної точки доступу користувачів до різноманітних інформаційних ресурсів і програм, який буде задіяний у ресурсно-операційних центрах для обслуговування і навчання користувачів (рис. 3). Grid-портал являє собою програмно-апаратний комплекс, основними функціями якого є постановка завдань на обчислення у Grid-інфраструктурі, моніторинг стану обчислювальних ресурсів та ресурсів збереження даних, керування ресурсами та безпекою Grid-інфраструктури, навчання користувачів, надання доступу до інших Grid-систем, побудова віртуальних організацій та ін. Заснований Grid-портал на Gridsphere з додатками для підтримки ПГЗ gLite, Globus 2/4, причому Gridsphere забезпечує розробників надзвичайно ефективним механізмом у створенні нових програм, що використовують систему портлетів (рис. 3).

#### **Четвертий етап роботи (X.2008–XII.2008):**

- досліджено методологію використання Grid-технологій у вищій школі і створено експериментальну *учбову програму* з Grid-курсу,

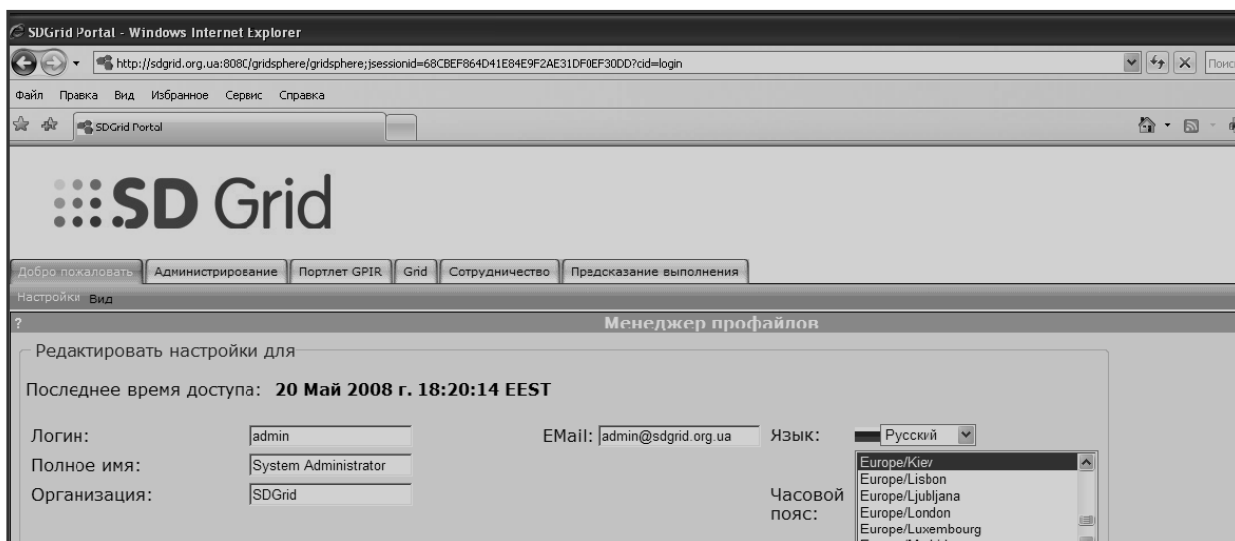


Рис. 3. Сторінка Grid-порталу \*

розпочато магістерську підготовку з напрямку “Grid-технології в науці і освіті” [6, 7], розпочато підготовку відповідного підручника спільним авторським колективом фахівців МОНУ і НАН України, організовано дипломне проектування магістрів і спеціалістів з Grid-технологій і результати найкращих робіт відображено на сайті проекту ([www.grid.ntu-kpi.kiev.ua](http://www.grid.ntu-kpi.kiev.ua)) в розділі “Завдання для досліджень”;

- на базі розробленого порталу SDGrid створено *віртуальну учбову Grid-систему*, за допомогою якої можна отримати перший досвід роботи в Grid-середовищі. Також на базі порталу SDGrid розроблено *віртуальну лабораторію* для демонстрації можливостей технологій Grid, в склад якої входять п'ять територіально рознесених серверів: Web-сервер, сервер MyProху, сервер СА (Сертифікаційний центр), НРС-сервер обчислювального ресурсу, сервер моніторингу і резервного копіювання, призначений для збору статистики про стан серверів учбової Grid-системи. За допомогою цієї віртуальної лабораторії (рис. 4) можна отримати перший досвід роботи в Grid-середовищі. Цей досвід включає в себе реєстрацію і отримання сертифікату MyProху, переглядання файлів у каталозі, навігацію в межах каталогу, формування і запуск завдань, відстеження стану їх виконання тощо;

- Grid-сегмент МОНУ [8, 9] (на відміну від Grid-сегменту

НАН України [10], який є Grid обчислювального типу – Computing Grid) можна віднести до Grid інформаційного типу (Data Grid), тому що проект Ugrid головним чином пов'язаний із забезпеченням обслуговування *Українського світового центру даних “Сталий розвиток і геофізика”* (УСЦД), який надає його клієнтам віддалений доступ до світових сховищ наукових даних, можливість ефективного сумісного використання комп'ютерів, унікальних експериментальних установок і приладів ([www.wdc.org.ua](http://www.wdc.org.ua)). УСЦД є складовою частиною системи світових центрів даних (рис. 5), яка створена та підтримується Міжнародною Радою з науки. Вона збирає, зберігає й обмінюється даними з іншими центрами за такими напрямками: дослідження

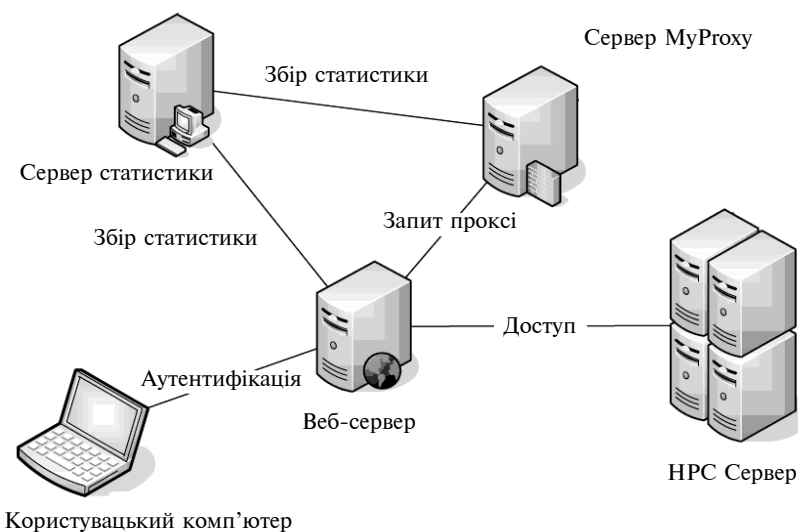


Рис. 4. Учбова лабораторія Grid

\* Деякі рисунки беруться прямо з комп'ютера на мові оригіналу.



Рис. 5. Розміщення світових центрів даних

сталого розвитку та глобалізації, фізика твердоді Землі, сонячно-земна фізика та ін.

### Обчислювальні ресурси

Хоч офіційне фінансування проекту Ugrid розпочато лише у другій половині 2007 р., роботи з його виконання були розпочаті зразу ж після затвердження Державної програми. Так, вже в жовтні 2006 р. відбулося в присутності Президента України В.А. Ющенка урочисте відкриття Центру суперкомп'ютерних обчислень і УСЦД. А ще раніше, в квітні 2006 р., було встановлено партнерські стосунки з виконавцями європейського проекту BalticGrid.

Сьогодні, вже після третьої модернізації, продуктивність кластера НТУУ "КПІ" становить 5,83 Тфлопс/с, тобто 5,83 млрд операцій за секунду. Він налічує 44 вузли з двома чотирядерними процесорами Intel Xeon E5440 (2,83 ГГц і 8 Гб оперативної пам'яті в кожному) та 78 вузлів з двома двоядерними процесорами Intel Xeon 5160 (3,00 ГГц і 4 Гб оперативної пам'яті в кожному), тобто в цілому 624 обчислювальних ядер. При цьому використано мережу обміну даними InfiniBand і операційну систему Linux CentOS release 5.2.

Першою відмінністю кластера НТУУ "КПІ" є додаткова система з 128 ядрами, тобто з 16-тю вузлами з двома чотирядерними процесорами Intel Xeon E5345 (2,33 ГГц і 8 Гб оперативної пам'яті та диском ємністю 500 Гб в кожному), на якій встановлено операційну систему MS

Windows Server 2008 HPC Edition. Таким чином, вперше в Україні користувачам, які звикли до ОС Windows і до відповідних прикладних програм, надається можливість застосовувати паралельні обчислення з допомогою програми розпаралелювання MS MPI 2.0.1551.

Другою відмінністю кластера НТУУ "КПІ" є наявність апаратного прискорювача операцій. В рамках третьої модернізації обчислювального комплексу НТУУ "КПІ" створено обчислювальний модуль на базі ПЛІС (FPGA). Результати для вибраних алгоритмів показують доцільність використання цього типу обчислювальних модулів для виконання ряду ресурсоемних задач.

Кластер Інституту кібернетики СКІТ-3 із своїми 5,32 Тфлопс/с трохи поступився нашому. Але те, чий кластер – ІК НАН України чи НТУУ "КПІ" – продуктивніший зараз для споживачів країни, не має значення, бо обое вони разом з іншими вітчизняними кластерами об'єднані в одну Grid-мережу, завдання на обчислення в якій розподіляються автоматично менеджером ресурсів із врахуванням розміру задачі і наявності вільних обчислювальних ресурсів. Якраз у цій віртуалізації ресурсів полягає одна з переваг побудованої Grid-інфраструктури.

Поки що користувачі забезпечуються системою розпаралелювання обчислень OpenMPI 1.2.8, компіляторами C++: intel 10.1, gcc 4.1.2, прикладним ПЗ: типу GROMACS 4.0.2 (аналізатор динаміки молекул), GEMESS (аналізатор структур кристалів), fftw 3.2 (бібліотека підпрограм для обчислення дискретного перетворен-

ня Фур'є). Включення кластера НТУУ “КПІ” в Grid-інфраструктуру дозволяє його клієнтам використовувати ППЗ типу MATHEMATICA і GAUSSIAN (комплекс програм визначення орбітальної щільності молекул), придбане Інститутом теоретичної фізики (ІТФ) для академічного сегменту Grid-інфраструктури.

Найближчим часом ми очікуємо отримати паралельні версії програм ANSYS (реалізація методу скінченних елементів) і MATLAB від своїх корейських партнерів згідно з угодою про створення спільного Українсько-корейського центру інформаційних технологій.

### Наукові дослідження

Всі організації-учасники проекту (крім обов'язків з організації ресурсно-операційних центрів, забезпечення їх функціонування, підготовки і підтримки користувачів) проводили наукові дослідження в галузі сумісності проміжного програмного шару різних Grid-інфраструктур, забезпечення наскрізної інформаційної безпеки при об'єднанні національних Grid-інфраструктур чи їх сегментів, розробки додаткових сервісів для розширення кола можливих користувачів (крім науки) на представників різних прошарків суспільства: інженерії, бізнесу, соціальної сфери тощо. Докладніше дослідження, що проводяться, мають такий вигляд:

- НТУУ “КПІ” – створення порталу знань, дослідження сумісності (interoperability) проміжного програмного шару, створення Grid-орієнтованого програмного забезпечення для моделювання сучасних мікро-електронно-механічних систем (MEMS);

- НТУ “Львівська політехніка” – створення потужної системи збереження даних з використанням системи IBM BladeCenter QS21, що складається з 14 обчислювальних блейд-серверів на базі процесорів Cell та одного координуючого вузла;

- ЗНТУ (Запорізький національний технічний університет) – дослідження паралельних структур генетичних алгоритмів за допомогою паралельно реалізованих багатопоточних нейронних мереж та застосування кластера для безпосередньої побудови нейронної мережі, побудова і реалізація алгоритму розпаралеленого репліки-методу, що базується на молекулярно-динамічному підході моделювання поверхневої термоактивованої дифузії в секундному діапазоні модельного часу;

- ХНУРЕ (Харківський національний університет радіоелектроніки) – дослідження використання Grid для побудови розподілених імітаційних систем моделювання, побудова програмного забезпечення для тестування продуктивності бібліотеки PVM;

- ІПМЕ НАН України (Інститут проблем моделювання в енергетиці) – дослідження методів використання Grid-технології для розв'язання технологічних задач в енергетиці, дослідження методів ефективного обміну інформацією між вузлами системи в НРС-кластері розподіленого доступу і методів використання реконфігурованих обчислень у Grid-комп'ютингу, чисельне моделювання нестационарних взаємозв'язаних електромагнітних, теплових і гідромеханічних процесів в електромагнітних системах на прикладі дослідження динаміки процесу взаємодії рівноважної повітряної плазми з металевим електродом (плазмоелектродної системи), розробка математичних моделей і комплексу програм, що дають можливість досліджувати процеси тепло-масо-переносу в технологічних каналах реактора РБМК-1000 при різних режимах його роботи і під час руйнування реактора, а також в об'єкті “Укриття” та ін.

### Наступні етапи

Для надання дослідникам можливості використання ресурсів Grid при проведенні обчислень у звичних для них робочих середовищах, встановлених на персональних комп'ютерах, на кластері НТУУ “КПІ” встановлено програмне забезпечення NetSolve MATLAB/Mathematica/Fortran/C. Користувач не піклується тепер про те, де знаходиться, як виявляється і викликається потрібний йому Grid-ресурс; він тільки вказує ті критерії, за якими необхідно підібрати йому цей ресурс, і взаємодіє далі з цим ресурсом так само, як і з локальними ресурсами (процедурами, класами, програмами) його робочого середовища.

Розуміючи, що питання наповнення національної Grid-інфраструктури *прикладними програмами* набуває в Україні особливого значення, виконавці проекту Ugrid планують приділити йому особливу увагу на наступному етапі виконання Державної програми ІКТ. Зокрема, передбачається семантичний *Web-портал знань* для забезпечення доступу до національних і світових інформаційних ресурсів.

За результатами проведених досліджень опубліковано більше 36 наукових робіт і тез

доповідей на різних конференціях, серед яких однією з визначних була 21-а конференція CODATA-2008 "SCIENTIFIC INFORMATION FOR SOCIETY – FROM TODAY TO THE FUTURE", присвячена використанню наукових даних у сьогодиншньому суспільстві і суспільстві майбутнього. Кілька секцій цієї конференції були присвячені підведенню підсумків досліджень з Grid-проектів, виконаних організаціями НАН України і МОНУ [5], і на цих звітах був присутній доктор Роберт Джонс із ЦЕРН, директор найбільшого в світі Grid-проекту EGEE (Enabling Grids for E-science – Grid-інфраструктури для е-науки), який у своїй пленарній доповіді високо оцінив стан Grid-розробок в Україні.

У 2008 р. були схвалені головні засади *нової Державної програми* з впровадження і застосування Grid-технологій в Україні на 2009–2013 рр., замовниками якої вперше в історії країни спільно виступили Національна Академія наук України і Міністерство освіти і науки України, а сама Державна програма розпочата з 2009 р.

Наведемо основні співтовариства, які мають сьогодні потребу в застосуванні Grid-технологій:

1) урядові організації (службовці, експерти і науковці), що традиційно займаються питаннями національної безпеки, довгостроковими дослідженнями і плануванням;

2) організації охорони здоров'я, Grid-сегмент яких відрізняється відносно невеликими розмірами, централізованим управлінням і складністю корпоративної інфраструктури;

3) співтовариства учених, яким необхідна *віртуальна* Grid-мережа, що характеризується універсальним доступом, відносно вузькою спрямованістю, динамічно змінним складом користувачів, децентралізацією управління, а також частим сумісним зверненням до існуючих ресурсів. Схожа модель може бути використана для міжгалузевих, міжвідомчих і міждисциплінарних дослідницьких груп і т.п.;

4) співтовариство, що охоплює весь існуючий ринок обчислень. Цьому співтовариству властива велика кількість учасників, відсутність

постійних схем і варіантів взаємодій. Фактично національна Grid-інфраструктура необхідна лише для того, щоб користувач міг запитати і отримати ті або інші ресурси від їх власників.

## Висновки

Потенціал Grid-технологій вже зараз оцінюється дуже високо: він має стратегічний характер, і в близькій перспективі Grid повинен стати обчислювальним інструментарієм для розвитку високих технологій у різних сферах людської діяльності, подібно тому, як подібним інструментарієм стали персональний комп'ютер і Інтернет. Такі високі оцінки можна пояснити здатністю Grid на основі безпечного і надійного віддаленого доступу до ресурсів глобально розподіленої інфраструктури розв'язати дві проблеми:

- створення розподілених обчислювальних систем надвисокої пропускнуої спроможності на основі устаткування, що серійно випускається (показники продуктивності: агрегована потужність кількох терафлопс, об'єм оброблюваних даних більше 1 петабайта в рік), при одночасному підвищенні ефективності (до 100 %) наявного парку обчислювальної техніки шляхом використання в Grid тимчасово вільних ресурсів;

- створення широкомасштабних систем моніторингу, управління, комплексного аналізу і обслуговування з глобально розподіленими джерелами даних, здатних підтримувати життєдіяльність державних структур, організацій і корпорацій.

Україна отримує можливість "на рівних" співпрацювати з країнами Європейського Союзу зі створення і впровадження технології ХХІ століття – Grid, яка забезпечує сумісний доступ до комп'ютерних ресурсів (які змінюються від файлів і даних до комп'ютерів, сенсорів і мереж), реалізує різноманітні режими їх використання, забезпечує суворий контроль, управління і організацію системи безпеки; підтримує гетерогенність мережі, баланс навантаження на обчислювальних вузлах та ін.

М.З. Згуровский, А.И. Петренко

GRID-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ Е-НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

В статье подытоживаются результаты выполнения проекта по созданию сегмента МОНУ национальной Grid-инфраструктуры, который принципиально уже в настоящий момент обеспечивает возможность интеграции Украины в европейское научно-исследовательское пространство. Этому способствуют созданный в Украине Сертификационный центр открытых ключей, зарегистрированный в международной организации EUGridPMA, и подключение образовательно-академической сети URAN к пан-европейской сети GEANT-2, контролируемой международной организацией DANTE.

M.Z. Zgurovsky, A.I. Petrenko

GRID-TECHNOLOGIES FOR E-SCIENCE AND EDUCATION

We present the results of the project implementation aimed at developing the academic part of the national Grid-infrastructure. It can foster Ukraine's integration into the European Research Area, among other things. The Certification Center of the opened keys incorporated in the international organization EUGridPMA, as well as the academic network URAN incorporated in the European network GEANT-2 operating under the international organization DANTE also further the integration of Ukraine into the the European Research Area.

1. *Zgurovsky M.Z.* Development of Educational and Research Segment of Information Society in Ukraine // Proc. WSIS. – Tunis, 2004. – P. 103–107.
2. *Zgurovsky M.Z.* Development of Educational and Research Segment of Information Society in Ukraine // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2006. – № 1. – С. 7–17.
3. *Петренко А.І.* Національна Grid-інфраструктура для забезпечення наукових досліджень і освіти // Там же. – 2008. – № 1. – С. 79–92.
4. *Zgurovsky M.Z.* Impact of the Information Society on Sustainable Development: Global and Regional Aspects // Data Science Journal. – 2007. – 6, Supplement, 11 March.
5. *Zagorodny A., Zgurovsky M., Zinovjev G., Petrenko A., Martynov E.* Integrating Ukraine into European Grid Infrastructure // Системні дослідження і інформаційні технології. – 2009. – № 3. – С. 47–58.
6. *Петренко А.І.* Вступ до Grid-технологій в науці і освіті: Навч. посіб. – К.: Політехніка, 2008. – 120 с.
7. *Петренко А.І.* Застосування Grid-технологій в науці і освіті. – К.: Політехніка, 2009. – 144 с.
8. *Petrenko A.I.* Development of GRID-infrastructure/for Educational and Research segment of Information Society in Ukraine with focus on Ecological monitoring and Telemedicine // Data Science Journal. – 2007. – 6, Supplement, 14 April.

Рекомендована Радою  
Навчально-наукового комплексу  
“Інститут прикладного системного  
аналізу” НТУУ “КПІ”

Надійшла до редакції  
11 лютого 2009 року